

河北省芝麻地方品种资源表型多样性分析

崔彦芹, 郭元章, 蹇家利, 关中波, 侯少锋, 徐桂真

(河北省农林科学院粮油作物研究所 / 河北省作物遗传育种实验室, 石家庄 050035)

摘要: 为有效利用河北省芝麻种质资源, 丰富芝麻育种的物质基础, 以河北省种质库保存及收集的 300 份芝麻种质资源为试验材料, 2016-2018 年连续 3 年对 31 个表型性状进行调查记载, 利用相关系数、聚类分析和主成分分析等统计方法, 研究了 300 份芝麻种质资源的遗传多样性。结果表明: 22 个质量性状的遗传多样性指数为 1.0986~5.6941, 表明 300 份种质资源存在丰富的遗传变异; 9 个数量性状的相关分析中, 单株产量与株高、每蒴粒数、单株蒴数、千粒重呈极显著正相关, 和空梢尖长呈显著负相关。变异系数为 7.36%~34.71%, 其中单株产量、单株蒴数、空梢尖长的变异系数较大, 说明该性状的遗传多样性较为丰富, 株高、蒴果长度、千粒重等性状变异系数较小, 说明这些性状一致性较强, 变异范围不大。聚类分析将其分为 6 个类群, 第 I 类群始蒴高度较低, 第 II 类群单株产量最高, 第 III 类群蒴果长度最长, 第 IV 类群株高、主茎果轴长、千粒重均为最高, 第 V 类群综合性状表现较差, 第 VI 类群每蒴粒数最多; 主成分分析结果显示, 6 个主成分因子累计贡献率为 89.285%。300 份芝麻种质资源的遗传多样性丰富, 从中筛选出一些具有优良综合性状和特异性状的种质资源, 可作为亲本材料在育种过程中加以利用。

关键词: 芝麻; 种质资源; 表型性状; 遗传多样性

Phenotypic Diversity Analysis of Sesame Germplasm Resources in Hebei Province

CUI Yan-qin, GUO Yuan-zhang, JIAN Jia-li, GUAN Zhong-bo, HOU Shao-feng, XU Gui-zhen

(*Institution of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences/*

Key Laboratory of Crop Genetics and Breeding of Hebei, Shijiazhuang 050035)

Abstract: In order to utilize the sesame germplasm resources of Hebei Province and enhance the genetic basis of sesame breeding, thirty-one phenotypic traits of 300 accessions, which were collected and preserved in the germplasm bank of Hebei Province, were investigated from 2016 to 2018. The correlation coefficient, cluster analysis and principal component analysis were conducted. The genetic diversity index of 22 quality characters arranged from 1.0986 to 5.6941, implying an abundant genetic diversity of 300 germplasm resources. The yield per plant was found to be positively correlated with the plant height, the number of grains, the number of turns per plant and the 1000-grain weight, while a significant negative correlation with the length of the apex was detected. The coefficient of variation range from 7.36% to 34.71%. The variation coefficient of single plant yield, single plant number and empty tip length were variable, while the variation coefficient of plant height, capsule length and 1000-grain weight was small. Cluster analysis suggested six subgroups in 300 sesame germplasm resources. For instance, the first group had a low initial height, the second group had the highest yield, the third group had

收稿日期: 2019-11-19 修回日期: 2019-11-28 网络出版日期: 2019-12-27

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20191107003>

第一作者研究方向为特色油料作物栽培与育种, E-mail: yqcui1118@163.com

通信作者: 徐桂真, 研究方向为特色油料作物育种与栽培研究, E-mail: xuguizhen68@163.com

基金项目: 国家特色油料产业技术体系 (CARS-14-2-01); 河北省现代农业产业技术体系 (HBCT2018090204); 河北省农林科学院创新工程 (2019-4-3-4); 现代种业科技专项 (19226349D)

Foundation project: National Characteristic Oil Industry Technology System (CARS-14-2-01), Hebei Province Modern Agricultural Industry Technology System (HBCT2018090204), Hebei Provincial Academy of Agriculture and Forestry Innovation Project (2019-4-3-4), Modern Seed Industry Technology Special Project (19226349D)

the longest length, the fourth group had the highest plant height, the main stem and fruit axis, and the 1000-grain weight. For the highest, the comprehensive traits of group V were poor, and the number of grains per group was the highest. The principal component analysis showed that the cumulative contribution rate of the six principal component factors was 89.285%. Taken together, this study revealed an abundant phenotypic diversity of 300 sesame germplasm resources. The identified elite germplasm resources might become useful in future breeding for modern varieties.

Key words: sesame; germplasm resources; phenotypic traits; genetic diversity

芝麻(*Sesamum indicum* L.) 属胡麻科胡麻属, 是最古老的油料作物之一, 已有 2000 多年的栽培历史。芝麻具有生育期短、耐瘠薄、耐旱、适应性广等特点。目前, 全世界共搜集保存芝麻种质资源 2 万余份, 其中, 我国保存的芝麻种质资源有 6000 余份^[1]。芝麻不仅富含不饱和脂肪酸和蛋白质, 还含有大量芝麻酚、芝麻素、维生素 E 等天然抗氧化类物质, 并且在医药和工业等方面都有重要的应用价值^[2-3], 国内外芝麻消费量逐年上升。芝麻种质资源的收集、鉴定与评价和利用是芝麻新品种选育的重要物质基础。表型性状的表现是环境因素和遗传因素共同作用的结果, 芝麻在长期的自然进化和人工选择过程中出现了多种变异类型, 作物的遗传多样性为作物育种提供了丰富的基因资源^[4-7]。目前种质资源遗传多样性的研究方法主要有形态学方法、细胞学方法、生化标记方法和分子标记方法等^[8]。形态学方法具有简单直观、易于观察等特点, 是种质资源鉴定与评价最直接、最快速、最高效的一种方法。那艳斌等^[9]对辽宁省 164 份芝麻种质资源的 21 个农艺性状进行分析, 其中 17 个农艺性状的变异系数大于 10%, 将 164 份芝麻资源分为 3 类。韩俊梅等^[10]对 333 份芝麻种质资源的 8 个数量性状和 8 个质量性状进行分析, 找到 4 个与产量相关的主成分, 将芝麻资源划分为 5 类。俞信英等^[11]对浙江省沿海地区 19 份地方芝麻种质资源进行分析, 将芝麻资源分为 3 类, 类的划分与胚轴长度、株高、果轴长度、中下部叶长比例、千粒重、单株产量等性状相关, 而与地域来源无关。魏忠芬等^[12]搜集了 108 份贵州芝麻种质资源, 并对其进行鉴定评价, 结果表明, 108 份贵州芝麻种质资源的质量性状遗传多样性指数在 0.3293~2.3873 之间, 数量性状的变异系数在 7.32%~69.05% 之间, 主成分分析中, 前 6 个主成分的累计贡献率为 90.75%。魏利斌等^[13]利用 SNP 和 InDel 标记成功分析了 101 份芝麻品种的遗传多样性、亲缘关系、群体结构和连锁不平衡程度, 为芝麻引种、亲本选配和种质资源评价与利用提供依据。

河北省农林科学院于 20 世纪 60 年代开始芝麻种质资源的征集、整理和鉴定研究, 目前拥有芝麻种质资源 1000 余份, 但对河北芝麻种质资源表型性状的遗传多样性分析尚未见报道。本研究以 300 份河北省芝麻种质资源为试验材料, 对 32 个表型性状进行多年的鉴定与评价, 并进行相关、聚类及主成分等多元分析, 以期河北省芝麻种质资源的利用提供理论依据, 为未来芝麻新品种选育提供丰富的物质基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料为河北省种质资源库保存的芝麻种质资源 300 份(表 1), 主要是各地农家品种(编号 1~193, 195~278, 298~300)及少数育成品种(编号 194, 279~297), 由河北省农林科学院粮油作物研究所收集、整理, 部分地方品种及新育成品种由于是近些年搜集和育成的, 故没有原始编号, 表中原始编号均为国家种质资源库统一编号。

1.2 试验设计

试验在河北省农林科学院粮油作物研究所堤上试验站进行。所有材料于 2016-2018 年按品种单行种植, 田间常规管理。根据《芝麻种质资源描述规范和数据标准》, 进行芝麻株型、叶、花、茎、蒴果等形态性状的观察记载和数据采集。每份材料选取 10 株进行株高、始蒴高度、主茎果轴长等 9 个数量性状测量, 并进行统计分析^[14]。

1.3 数据处理与分析

为便于数量化和统计分析, 先将 22 个质量性状予以赋值, 将数据标准化, 具体标准参照文献[14]。遗传多样性指数即 Shannon-Wiener index (H') 信息指数计算公式: $H' = -\sum P_i \times \ln P_i$, 式中, P_i 表示第 i 种变异类型出现的频率, 用所有相应性状 H' 的平均值表示一组或所有种质的遗传多样性程度^[15-17]。用 Microsoft Excel 2010 对所有调查数据进行汇总, SPSS 20.0 软件对数量性状进行聚类分析、相关性分析及主成分分析。

表 1 参试材料编号及种质来源

Table 1 The code and collection sites of sesame accessions used in this study

编号 No.	名称 Name	原始编号 Original No.	编号 No.	名称 Name	原始编号 Original No.	编号 No.	名称 Name	原始编号 Original No.	编号 No.	名称 Name	原始编号 Original No.	编号 No.	名称 Name	原始编号 Original No.
1	朝阳芝麻	ZZM0082	31	八筒芝麻	ZZM00118	61	灯明寺芝麻	ZZM00151	91	芝麻	ZZM00183	121	紧口黄	ZZM00224
2	滦平霸王鞭	ZZM0083	32	一条鞭	ZZM00119	62	霸王鞭	ZZM00153	92	霸王鞭	ZZM00184	122	大八杈	ZZM00225
3	紧口黄-3	ZZM0084	33	八筒	ZZM00120	63	大穗白	ZZM00154	93	五子登科	ZZM00185	123	小八杈	ZZM00226
4	北京霸王鞭	ZZM0085	34	八棱白	ZZM00121	64	霸王鞭	ZZM00155	94	霸王鞭	ZZM00191	124	寨西店芝麻	ZZM00227
5	霸王鞭	ZZM0086	35	八筒芝麻	ZZM00122	65	交河芝麻-3	ZZM00156	95	黄芝麻	ZZM00192	125	芝麻	ZZM00228
6	芝麻	ZZM0087	36	八筒芝麻	ZZM00123	66	芝麻	ZZM00157	96	紫花芝麻	ZZM00194	126	小八杈	ZZM00229
7	平顶黄	ZZM0088	37	八棱霸王鞭	ZZM00124	67	孟村一柱香	ZZM00158	97	霸王鞭	ZZM00195	127	小八杈	ZZM00230
8	芝麻	ZZM0089	38	芝麻	ZZM00127	68	芝麻	ZZM00159	98	四棱霸王鞭	ZZM00196	128	芝麻	ZZM00231
9	平顶黄	ZZM0090	39	霸王鞭	ZZM00128	69	紧口黄	ZZM00160	99	霸王鞭	ZZM00197	129	笨芝麻	ZZM00232
10	大八杈	ZZM0091	40	霸王鞭	ZZM00129	70	荷包索	ZZM00162	100	黄芝麻	ZZM00199	130	芝麻	ZZM00233
11	小八杈	ZZM0092	41	大青桔	ZZM00130	71	一窝猴	ZZM00163	101	霸王鞭	ZZM00203	131	小白莲	ZZM00234
12	大八杈	ZZM0094	42	霸王鞭	ZZM00131	72	芝麻	ZZM00164	102	霸王鞭	ZZM00204	132	大八杈	ZZM00235
13	霸王鞭	ZZM0095	43	霸王鞭	ZZM00132	73	八大杈	ZZM00165	103	芝麻	ZZM00205	133	勤芝麻	ZZM00236
14	霸王鞭	ZZM0096	44	芝麻	ZZM00133	74	紧口黄	ZZM00166	104	芝麻	ZZM00206	134	笨芝麻	ZZM00237
15	霸王鞭	ZZM0097	45	紧口黄	ZZM00134	75	芝麻	ZZM00167	105	八股杈	ZZM00207	135	芝麻	ZZM00238
16	霸王鞭	ZZM0098	46	芝麻	ZZM00135	76	芝麻	ZZM00168	106	大八杈	ZZM00209	136	大八杈	ZZM00239
17	芝麻	ZZM0100	47	霸王鞭	ZZM00136	77	城关芝麻	ZZM00169	107	大八杈	ZZM00210	137	小八杈	ZZM00240
18	芝麻	ZZM0102	48	温仁芝麻	ZZM00137	78	霸王鞭	ZZM00170	108	芝麻	ZZM00211	138	香河大八杈-2	ZZM00241
19	芝麻	ZZM0104	49	马兰棒	ZZM00139	79	芝麻	ZZM00171	109	芝麻	ZZM00212	139	大八杈	ZZM00242
20	霸王鞭	ZZM0105	50	芝麻	ZZM00140	80	芝麻	ZZM00172	110	芝麻	ZZM00213	140	八杈枝	ZZM00243
21	霸王鞭	ZZM0106	51	芝麻	ZZM00141	81	大白芝麻	ZZM00173	111	白芝麻	ZZM00214	141	八杈	ZZM00244
22	芝麻	ZZM0108	52	紧口黄-1	ZZM00142	82	芝麻	ZZM00174	112	芝麻	ZZM00215	142	小八杈	ZZM00245
23	一柱香	ZZM0110	53	处暑黄	ZZM00143	83	大白芝麻	ZZM00175	113	芝麻	ZZM00216	143	芝麻	ZZM00246
24	洋芝麻	ZZM0111	54	芝麻	ZZM00144	84	芝麻	ZZM00176	114	紧口黄	ZZM00217	144	小白芝麻	ZZM00247
25	白芝麻	ZZM0112	55	芝麻	ZZM00145	85	鞭秆芝麻	ZZM00177	115	紧口黄	ZZM00218	145	芝麻	ZZM00248
26	沧县八筒白	ZZM0113	56	冀芝一号	ZZM00146	86	鞭秆芝麻	ZZM00178	116	芝麻	ZZM00219	146	大八杈	ZZM00249
27	独根立	ZZM0114	57	平顶黄	ZZM00147	87	霸王鞭	ZZM00179	117	香河大八杈-1	ZZM00220	147	芝麻	ZZM00250
28	独根立	ZZM0115	58	一叶三	ZZM00148	88	霸王鞭	ZZM00180	118	芝麻	ZZM00221	148	芝麻	ZZM00251
29	六棱头	ZZM0116	59	平顶黄	ZZM00149	89	四棱霸王鞭	ZZM00181	119	四筒芝麻	ZZM00222	149	小八杈	ZZM00252
30	八筒芝麻	ZZM0117	60	霸王鞭	ZZM00150	90	霸王鞭	ZZM00182	120	八杈	ZZM00223	150	小八杈	ZZM00253

表 1 (续)

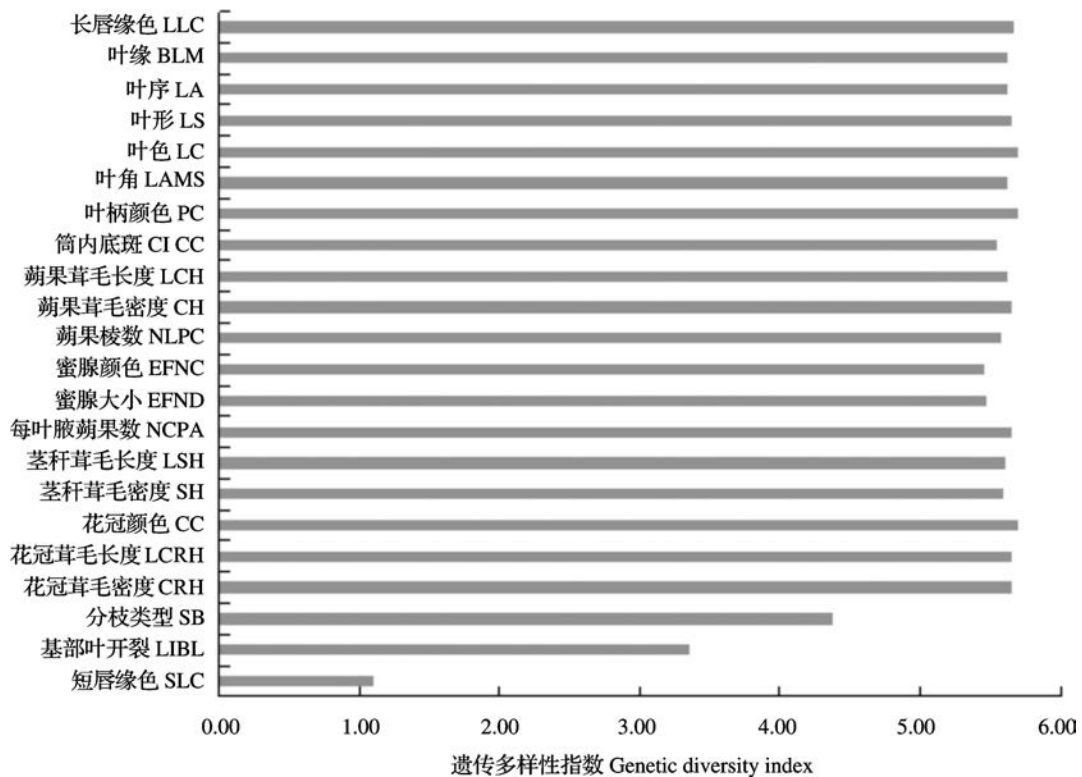
编号 No.	名称 Name	原始编号 Original No.	编号 No.	名称 Name	原始编号 Original No.	编号 No.	名称 Name	原始编号 Original No.	编号 No.	名称 Name	原始编号 Original No.	编号 No.	名称 Name	原始编号 Original No.	编号 No.	名称 Name	原始编号 Original No.
151	三股杈	ZZM00254	181	芝麻	ZZM00293	211	霸王鞭	ZZM00189	241	八筒凤	ZZM01840	271	芝麻	ZZM01856			
152	小八杈	ZZM00257	182	五子登科	ZZM00294	212	徐家庄芝麻	ZZM00190	242	霸王鞭	ZZM01812	272	八筒	ZZM01815			
153	芝麻	ZZM00258	183	芝麻	ZZM00296	213	芝麻	ZZM00193	243	花黑虎芝麻	ZZM01814	273	大八筒	ZZM00125			
154	大八杈	ZZM00259	184	芝麻	ZZM00297	214	芝麻	ZZM00198	244	六大筒	ZZM01819	274	芝麻	ZZM00255			
155	小八股杈	ZZM00260	185	芝麻	ZZM00298	215	芝麻	ZZM00200	245	三根杈芝麻	ZZM01854	275	芝麻	ZZM00256			
156	八股杈	ZZM00261	186	八股杈	ZZM00299	216	交河芝麻-1	ZZM00201	246	大八杈芝麻	ZZM01855	276	小白鞭	ZZM00295			
157	小八杈	ZZM00262	187	八股杈	ZZM00300	217	芝麻	ZZM00202	247	黑芝麻	ZZM01858	277	褐芝麻	ZZM01857			
158	大八杈	ZZM00264	188	八股杈	ZZM00301	218	芝麻	ZZM00208	248	火芝麻	ZZM01842	278	白芝麻	—			
159	小八杈	ZZM00265	189	芝麻	ZZM00302	219	芝麻	ZZM00221	249	小八杈	ZZM01843	279	DS899	—			
160	小八杈	ZZM00266	190	衡水二号芝麻	ZZM00303	220	河沿芝麻	ZZM00263	250	小八杈	ZZM01844	280	冀航芝1号	—			
161	小股杈	ZZM00267	191	小八杈	ZZM00304	221	芝麻	ZZM00269	251	小八杈	ZZM01845	281	金黄麻	—			
162	芝麻	ZZM00268	192	7301-6-2-4	—	222	八杈	ZZM00274	252	小八杈	ZZM01846	282	陕西黑芝麻	—			
163	大八杈	ZZM00270	193	7305-9-1-2	—	223	八筒白	ZZM00276	253	小白芝麻	ZZM01847	283	郑黑芝3号	—			
164	郭桥小八杈	ZZM00271	194	冀芝一号	—	224	香河大八杈-3	ZZM00286	254	八大杈	ZZM01849	284	赣芝5号	—			
165	小八杈	ZZM00272	195	紧口黄	ZZM00093	225	小八杈	ZZM00289	255	黑芝麻	ZZM01853	285	赣芝9号	—			
166	温仁黑芝麻	ZZM00273	196	芝麻	ZZM00099	226	小八杈	ZZM00290	256	角密芝麻	ZZM01813	286	冀芝1号	—			
167	芝麻	ZZM00275	197	四棱长蒴芝麻	ZZM00101	227	黄秆芝麻	ZZM01820	257	八筒	ZZM01816	287	冀芝3号	—			
168	混果	ZZM00277	198	沧县四筒	ZZM00103	228	独根立	ZZM01821	258	八筒白	ZZM01817	288	冀航芝1号变异	—			
169	小八杈	ZZM00278	199	温仁平顶黄	ZZM00107	229	单杆黄	ZZM01823	259	霸王鞭	ZZM01818	289	冀航芝2号	—			
170	长白芝麻	ZZM00279	200	八棱白	ZZM00109	230	独根亭芝麻	ZZM01824	260	矮秆早	ZZM01822	290	冀航芝3号	—			
171	寨西店芝麻	ZZM00280	201	沧县八筒白	ZZM00113	231	霸王鞭	ZZM01826	261	叶二三	ZZM01825	291	冀航芝4号	—			
172	八杈棵	ZZM00281	202	独根立	ZZM00114	232	角密芝麻	ZZM01827	262	霸王鞭	ZZM01829	292	豫芝11号	—			
173	芝麻	ZZM00282	203	八棱霸王鞭	ZZM00124	233	冀芝二号	ZZM01828	263	黄芝麻	ZZM01833	293	DW607	—			
174	笨芝麻	ZZM00283	204	霸王鞭	ZZM00126	234	羊鞭杆-1	ZZM01830	264	芝麻	ZZM01837	294	冀9014	—			
175	芝麻	ZZM00284	205	温仁芝麻	ZZM00138	235	一根鞭芝麻	ZZM01831	265	八筒芝麻	ZZM01839	295	冀黑芝1号	—			
176	大八杈	ZZM00285	206	博丈子	ZZM00152	236	小伏芝麻	ZZM01832	266	八筒	ZZM01841	296	冀黑芝2号	—			
177	芝麻	ZZM00287	207	赶山鞭	ZZM00161	237	一窝猴	ZZM01834	267	芝麻	ZZM01848	297	冀黑芝3号	—			
178	大霸王鞭	ZZM00288	208	霸王鞭	ZZM00186	238	本地芝麻	ZZM01835	268	抗旱芝麻	ZZM01850	298	地方品种黑芝麻	—			
179	小八杈	ZZM00291	209	孟村丈青角	ZZM00187	239	霸王鞭	ZZM01836	269	小八杈	ZZM01851	299	地方品种褐芝麻	—			
180	芝麻	ZZM00292	210	交河芝麻-2	ZZM00188	240	霸王鞭	ZZM01838	270	芝麻	ZZM01852	300	地方品种黄芝麻	—			

2 结果与分析

2.1 芝麻资源表型性状的遗传多样性分析

2.1.1 芝麻资源质量性状遗传多样性分析 对芝麻主要质量性状进行遗传多样性分析,结果表明(图 1):22 个质量性状的遗传多样性指数为 1.0986~5.6941,平均为 5.2548,变化幅度较大,而且各性状的遗传多样性指数均超过 1,表明芝麻种质资源在 22 个质量性状上的遗传多样性较为丰富。其中,短唇绿色的遗传多样性指数最小,为 1.0986,

基部叶开裂和分枝类型的遗传多样性指数较小,分别为 3.3519、4.3729,其余表型性状的遗传多样性指数在 5.4617~5.6941 之间,依次为叶柄颜色>花冠颜色>叶色>长唇绿色>叶形>花冠茸毛密度>蒴果茸毛密度>每叶腋蒴果数>花冠茸毛长度>叶缘>叶序>叶角>蒴果茸毛长度>茎秆茸毛长度>茎秆茸毛密度>蒴果棱数>筒内底斑>蜜腺大小>蜜腺颜色>分枝类型>基部叶开裂>短唇绿色。



LLC: Long lip colour, BLM: Basal leaf margin, LA: Leaf arrangement, LS: Leaf shape, LC: Leaf colour, LAMS: Leaf angle to main stem, PC: Petiole colour, CICC: Color of inside corolla canister, LCH: Long of capsule hair, CH: Capsule Hairiness, NLPC: Number of locules per capsule, EFNC: Extra-floral nectar colour, EFND: Extra-floral nectart development, NCPA: Number of flowers per leaf axil, LSH: Long of stem hair, SH: Stem hairiness, CC: Corolla colour, LRCR: Long of corolla hair, CRH: Corolla hairiness, SB: Stem branching, LIBL: Lobe incision of basal leaf, SLC: Short lip type

图 1 芝麻种质资源 22 个质量性状的遗传多样性指数
Fig.1 Genetic diversity index of 22 quality character in sesame germplasm resources

2.1.2 芝麻资源数量性状的相关性分析 对 300 份资源的 9 个数量性状进行相关性分析(表 2)。结果表明:单株产量与株高、每蒴粒数、单株蒴数、千粒重呈极显著正相关,和空梢尖长呈显著负相关;株高和始蒴高度、主茎果轴长、蒴果长度、空梢尖、单株蒴数、千粒重呈极显著正相关;始蒴高度和主茎果轴长、每蒴粒数呈极显著正相关,和单株蒴数呈极显著负相关;主茎果轴长和蒴果长度、单株蒴数、千粒

重呈极显著正相关,和每蒴粒数呈显著负相关;蒴果长度和每蒴粒数呈显著正相关,和千粒重呈极显著负相关;空梢尖长和千粒重呈极显著负相关,和单株蒴数呈显著负相关;每蒴粒数和单株蒴数呈极显著负相关;单株蒴数和千粒重呈显著正相关。单株产量与各农艺性状的相关系数从大到小依次为:单株蒴数>主茎果轴长>株高>千粒重>每蒴粒数>空梢尖长>蒴果长度>始蒴高度。

表 2 芝麻种质资源数量性状相关性

Table 2 The correlation coefficient between the quantitative characters of sesame germplasm resources

相关系数 Correlation coefficient	始蒴高度 Firstcapsule height	主茎果轴长 Main fruit axis length	蒴果长度 Capsules length	空梢尖长 Infertile top length	每蒴粒数 Seeds per capsule	单株蒴数 Capsules per plant	千粒重 1000-seed weight	单株产量 Yield per plant
株高 Plant height	0.436**	0.726**	0.181**	0.184**	-0.002	0.206**	0.311**	0.293**
始蒴高度 Firstcapsule height		0.263**	0.037	0.099	0.199**	-0.286**	-0.015	-0.015
主茎果轴长 Main fruit axis length			0.168**	-0.051	-0.132*	0.438**	0.369**	0.325
蒴果长度 Capsules length				-0.022	0.145*	-0.019	-0.341**	0.075
空梢尖长 Infertile top length					-0.038	-0.140*	-0.153**	-0.131*
每蒴粒数 Seeds per capsule						-0.310**	0.041	0.167**
单株蒴数 Capsules per plant							0.118*	0.502**
千粒重 1000-seed weight								0.289**

**、* 分别表示在 0.01 与 0.05 水平上存在极显著和显著差异

** and * indicate significance of difference at 0.01 and 0.05 level respectively

2.1.3 芝麻资源数量性状的多样性分析 变异系数的大小反映的是该群体包含目标性状优良个体的几率大小^[18]。300 份种质资源的 9 个数量性状进行遗传多样性分析结果表明(表 3), 数量性状的变异系数为 7.36%~34.71%, 存在较大的遗传变

异。单株产量、单株蒴数、空梢尖长变异系数较大, 均在 20% 以上, 说明这些性状遗传稳定性差。主茎果轴长、每蒴粒数、始蒴高度、株高、蒴果长度、千粒重等性状变异系数较小, 这些性状的遗传稳定性较好。

表 3 芝麻资源数量性状特征

Table 3 Quantitative characters of sesame germplasm resources

性状 Character	最小值 Min.	最大值 Max.	极差 Range	均值 Mean value	标准差 SD	变异系数(%) CV
株高 (cm) Plant height	94.6	208.9	114.3	151.073	12.8432	8.50
始蒴高度 (cm) Firstcapsule height	30.9	81.2	50.4	57.846	8.5642	14.81
主茎果轴长 (cm) Main fruit axis length	44.3	137.7	93.4	86.101	12.1902	14.16
蒴果长度 (cm) Capsules length	2.3	4.5	2.2	2.883	0.2636	9.14
空梢尖长 (cm) Infertile top length	2.4	14.1	11.7	6.965	2.0891	29.99
每蒴粒数 Seeds per capsule	39.7	113.1	73.4	67.518	7.9929	11.84
单株蒴数 Capsules per plant	28.0	114.6	86.7	68.604	15.3442	22.37
千粒重 (g) 1000-seed weigh	1.931	3.240	1.309	2.7141	0.1997	7.36
单株产量 (g) Yield per plant	2.62	22.16	19.54	6.7306	2.3364	34.71

2.1.4 芝麻资源农艺性状的聚类分析 采用 SPSS 20.0 软件, 依据 300 份种质资源的 9 个数量性状数据, 利用离差平方和法^[19]进行聚类分析(图 2), 在

欧氏距离 5 处可将 300 份芝麻种质聚为 6 大类群。第 I 类群包含 87 份种质, 占总数的 29.00%, 此类群材料始蒴高度最低, 可以和其他综合性状好、始蒴部

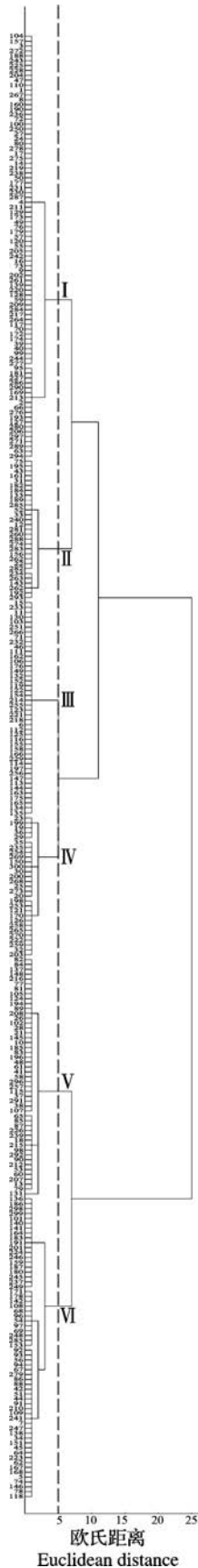


图2 芝麻种质资源数量性状聚类图

Fig.2 The clustering graph of quantitative character sesame germplasm resources

位偏高的材料进行杂交育种,选育综合性状优、始蒴部位低、丰产性好的优良品种;第Ⅱ类群包含29份种质,占总数的9.67%,此类群株高、主茎果轴长、千粒重均为最低,综合性状表现较差;第Ⅲ类群包含44份种质,占总数的14.67%,此类群蒴果长度最长;第Ⅳ类群包含29份种质,占总数的9.67%,此类群每蒴粒数最多;第Ⅴ类群包含49份种质,占总数的16.33%,此类群株高、主茎果轴长和千粒重均为最高,可作为选育高产芝麻新品种的亲本材料;第Ⅵ类群包含62份种质,占总数的20.67%,此类群单株产量最高,可作为选育高产芝麻品种的亲本材料(表4)。

2.1.5 芝麻资源农艺性状的主成分分析 对300份芝麻种质资源的9个农艺性状进行主成分分析(表5),结果表明前6个主成分的累计贡献率为89.285%。其中第1主成分特征值为2.591,贡献率为28.792%,特征向量绝对值较高的为主茎果轴长、株高、单株产量和单株蒴数,向量关系表明,株高越高,主茎果轴长越长,单株蒴数越多,单株产量也越高;第2主成分特征值为1.698,贡献率为18.862%,向量值较高的为始蒴高度,向量关系显示,随着始蒴高度的增加,单株蒴数会减少;第3主成分特征值为1.247,贡献率为13.856%,向量值较高的为空梢尖长,有关向量关系显示,随着空梢尖长度的增加,蒴果长度会减少;第4主成分特征值为0.978,贡献率为10.865%,特征向量绝对值较高的为空梢尖长和始蒴高度,向量关系显示,空梢尖越长,始蒴高度越低;第5主成分特征值为0.809,贡献率为8.984%,特征向量绝对值较高的为每蒴粒数,向量关系显示,每蒴粒数越多,主茎果轴长越长;第6主成分特征值为0.713,贡献率为7.927%,特征向量绝对值较高的为每蒴粒数和蒴果长度,向量关系显示,每蒴粒数越多,蒴果长度越长。

2.2 优异芝麻资源的筛选

种质资源是作物育种的基础,培育优质、高产、高抗的作物新品种,就需要获得优质的资源作为亲本材料^[20]。通过对芝麻资源的农艺性状进行多样性分析、相关性分析、聚类分析以及主成分分析,为筛选特异性育种材料提供了丰富的理论基础。

2.2.1 产量高、综合性状好的种质资源 有9份材料产量高,综合性状表现较好,分别为紧口黄(ZZM00160)、城关芝麻(ZZM00169)、霸王鞭(ZZM00195)、芝麻(ZZM00238)、芝麻(ZZM00250)、小八杈(ZZM00252)、三股杈(ZZM00254)、芝麻

表 4 6 个类群 9 个性状均值

Table 4 The mean of 9 index in six groups

性状 Traits	均值 Mean					
	I	II	III	IV	V	VI
株高 (cm) Plant height	145.5	152.4	160.4	166.1	129.2	147.0
始蒴高度 (cm) Firstcapsule hight	53.2	57.1	68.0	56.7	55.5	62.0
主茎果轴长 (cm) Main fruit axis length	85.4	88.4	84.8	102.3	66.7	77.4
蒴果长度 (cm) Capsules length	2.8	2.9	3.0	2.9	2.9	2.8
空梢尖长 (cm) Infertile top length	6.9	6.5	7.6	7.1	6.3	7.6
每蒴粒数 Seeds per capsule	65.3	65.1	67.6	66.5	67.9	80.5
单株蒴数 Capsules per plant	67.1	88.1	58.2	75.6	58.6	45.4
千粒重 (g) 1000-seed weight	2.666	2.749	2.778	2.808	2.602	2.640
单株产量 (g) Yield per plant	6.35	8.21	6.78	7.49	5.15	4.93

表 5 芝麻种质资源的主成分分析

Table 5 Major quality character of sesame germplasm resources

性状 Traits	因子 1 Component 1	因子 2 Component 2	因子 3 Component 3	因子 4 Component 4	因子 5 Component 5	因子 6 Component 6
株高 Plant height	0.695	0.576	0.347	-0.028	0.165	-0.144
始蒴高度 Firstcapsule hight	-0.113	0.750	0.253	-0.522	-0.217	-0.053
主茎果轴长 Main fruit axis length	0.844	0.036	0.079	0.261	0.385	-0.196
蒴果长度 Capsules length	0.291	0.395	-0.546	0.355	-0.283	0.317
空梢尖长 Infertile top length	-0.120	0.293	0.630	0.547	-0.173	0.320
每蒴粒数 seeds per capsule	-0.268	0.509	-0.381	-0.096	0.582	0.338
单株蒴数 Capsules per plant	0.655	-0.481	0.142	-0.138	0.087	0.287
千粒重 1000-seed weigh	0.583	0.215	-0.442	0.081	-0.307	-0.287
单株产量 Yield per plant	0.666	-0.149	0.027	-0.420	-0.187	0.412
特征值 Eigen value	2.591	1.698	1.247	0.978	0.809	0.713
贡献率 (%) Contribution	28.792	18.862	13.856	10.865	8.984	7.927
累计贡献率 (%) Cumulative percentage	28.792	47.654	61.510	72.374	81.358	89.285

(ZMZ00258)、豫芝 11 号, 这些材料单株产量均在 12 g 以上, 始蒴高度、空梢尖、主茎果轴长、千粒重等性状均表现较好, 可作为选育高产、优质芝麻品种的亲本材料。

2.2.2 具有优异性状的种质资源 千粒重超过 3.1 g 的材料, 分别为霸王鞭(ZMZ00155)、紧口黄(ZMZ00224)、寨西店芝麻(ZMZ00227)、八杈枝(ZMZ00243)、三杈杈(ZMZ00254)、小白芝麻(ZMZ01847)、豫芝 11 号, 可与其他综合性状良好, 但千粒重偏低材料进行杂交, 选育高产芝麻新品种。

单株蒴数超过 100 蒴的材料, 分别为芝麻(ZMZ00144)、紧口黄(ZMZ00160)、霸王鞭(ZMZ00195)、芝麻(ZMZ00211)、小八杈(ZMZ00245)、芝麻(ZMZ00258)、大霸王鞭(ZMZ00288)、火芝麻(ZMZ01842)、冀黑芝麻 1 号, 可对单株蒴数较低, 但其他性状表现良好的材料进行改良。

每蒴粒数超过 90 粒的材料, 分别为芝麻(ZMZ00104)、一柱香(ZMZ00110)、六棱头(ZMZ00116)、八筒芝麻(ZMZ00123)、芝麻(ZMZ00099)、温仁平顶黄(ZMZ00107), 可作为选育其他综合性状良好, 但每蒴粒数较低的芝麻新品种的亲本材料。

始蒴部位低于 40 cm 的材料, 分别为 7305-9-1-2、芝麻(ZMZ00200)、芝麻(ZMZ01856)、冀航芝 2 号、冀 9014, 可以和其他综合性状好、始蒴部位偏高的材料进行杂交育种, 选育综合性状优、始蒴部位低的优良品系。

3 讨论

种质资源的遗传多样性是生物适应环境气候和土壤等特异性而进化形成的, 丰富的种质资源可为新品种选育提供良好的遗传基础^[11]。通过对芝麻种质资源主要表型性状的遗传多样性分析, 可以掌握河北省种质资源的丰富程度, 为资源的鉴定、评价和利用提供依据。目前应用分子标记方法对种质资源遗传多样性进行研究已非常普遍。但传统的表型性状观察鉴定和数据采集仍然不可缺少。本研究对 300 份河北省地方种质资源进行主要表型性状的遗传多样性分析、相关性分析、聚类分析和主成分分析。22 个质量性状的遗传多样性分析表明叶柄颜色的遗传多样性指数最大, 短唇绿色的遗传多样性指数最小, 这与俞信英等^[11]和魏忠芬等^[12]的研究结果略有差异, 可能是由于数据采集、气候条件、材

料来源等方面的原因导致, 有待进一步验证; 相关性分析表明单株产量与株高、单株蒴数, 株高与主茎果轴长、始蒴高度、蒴果长度呈极显著正相关, 这与那艳斌等^[9]和 Bisht 等^[20]的研究结果一致; 单株产量和每蒴粒数、千粒重呈极显著正相关, 与魏忠芬等^[12]的研究结果一致。9 个数量性状的变异系数为 7.36%~34.71%, 单株产量和单株蒴数的变异系数较大, 株高、蒴果长度和千粒重变异系数较小, 说明芝麻这些性状遗传背景相对比较狭窄, 这与张鹏等^[21]的研究结果一致。聚类分析将芝麻种质资源聚成 6 大类, 可根据不同育种目标在不同类群的优势性状中筛选亲本材料; 可根据主成分分析结果, 以农艺性状的不同贡献率为条件筛选未来育种的目标性状材料。

4 结论

通过对 300 份芝麻种质资源的 22 个质量性状和 9 个数量性状进行遗传多样性分析。300 份种质资源间有较丰富的遗传差异, 各性状之间存在较为紧密的关联, 聚类分析将 300 份种质资源分为 6 大类, 第 I 类群始蒴高度较低, 第 II 类群单株产量最高, 第 III 类群蒴果长度最长, 第 IV 类群株高、主茎果轴长、千粒重均为最高, 第 V 类群综合性状表现较差, 第 VI 类群每蒴粒数最多, 可根据每个类群的优势性状筛选将来育种目标的亲本材料; 主成分分析结果显示, 前 6 个主成分的累计贡献率为 89.285%, 第 1 主成分反映株高、主茎果轴长、单株蒴数及单株产量, 第 2、3、4 主成分主要反映蒴果长度和空梢尖长, 第 5、6 主成分主要反映每蒴粒数和蒴果长度。

本研究掌握了河北省芝麻种质资源的遗传多样性水平, 明确了不同种质资源间的亲缘关系, 并筛选出一批优异种质资源。但由于表型性状易受环境条件和人为因素的影响, 难以准确把握不同种质资源间亲缘关系的远近, 为了准确深入地了解河北省芝麻种质资源的遗传多样性, 还需利用 SSR、AFLP 以及 RAPD 等技术手段进行鉴定与评价, 以利于芝麻种质资源的利用。

参考文献

- [1] 宫慧慧, 赵逢涛, 裴伟, 孟庆华. 芝麻种质资源及相关分子生物学研究进展. 植物遗传资源学报, 2016, 17(3): 517-522
Gong H H, Zhao F T, Pei W, Meng Q H. Advances in sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm resources and molecular biology research. Journal of Plant Genetic Resources, 2016, 17(3): 517-522
- [2] Moazzami A A, Kamal-Eldin A. Sesame seed is a rich source of dietary lignans. Journal of the American Oil Chemists'

- Society, 2006, 8: 719-723
- [3] Nakano D, Itoh C, Ishii F, Kawanishi H, Takaoka M, Kiso Y, Tsuruoka N, Tanaka T, Matsumura Y. Effects of sesamin on aortic oxidative stress and endothelial dysfunction in deoxycorticosterone acetate—salt hypertensive rats. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 2003, 26(12): 1701-1705
- [4] 原红军, 曾兴权, 王玉林, 徐其君, 扎桑, 于明寨, 顿珠加布, 尼玛扎西. 西藏青稞种质资源农艺性状与品质性状遗传多样性分析. *西藏农业科技*, 2018, 40(A1): 49-52
Yuan H J, Zeng X Q, Wang Y L, Xu Q J, Zha S, Yu M Z, Dun zhu J B, Ni ma Z X. Genetic diversity of agronomic and quality traits of tibetan hulless barley germplasm resources. *Tibet Journal of Agriculture Science*, 2018, 40(A1): 49-52
- [5] 吴欣明, 郭璞, 池惠武, 方志红, 石永红, 王运琦, 刘建宁, 王赞, 王学敏. 国外紫花苜蓿种质资源表型性状与品质多样性分析. *植物遗传资源学报*, 2018, 19(1): 103-111
Wu X M, Guo P, Chi H W, Fang Z H, Shi Y H, Wang Y Q, Liu J N, Wang Z, Wang X M. Diversity analysis of phenotypic traits and quality characteristics of Alfalfa (*Medicago sativa*) introduced from abroad germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2018, 19(1): 103-111
- [6] 王艳青, 李春花, 卢文洁, 孙道旺, 尹桂芳, 陆平, 王莉花. 135 份国外藜麦种质主要农艺性状的遗传多样性分析. *植物遗传资源学报*, 2018, 19(5): 887-894
Wang Y Q, Li C H, Lu W J, Sun D W, Yin G F, Lu P, Wang L H. Genetic diversity analysis of major agronomic traits in 135 foreign quinoa germplasm accessions. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2018, 19(5): 887-894
- [7] 郭丽芬, 张跃, 胡尊红, 胡学礼, 高梅, 王沛琦, 杨谨, 代梦媛, 李文昌, 刘旭云. 云南红花地方种质资源品质特性与农艺性状的聚类分析及评价. *华北农学报*, 2018, 33(A1): 22-28
Guo L F, Zhang Y, Hu Z H, Hu X L, Gao M, Wang P Q, Yang J, Dai M Y, Li W C, Liu X Y. Cluster analysis and evaluation of quality characteristics and agronomic traits of local germplasm resources of safflower in Yunnan. *North China Agricultural Journal*, 2018, 33(A1): 22-28
- [8] 周兆禧, 陈莹, 明建鸿, 高宏茂, 马蔚红, 林兴娥. 基于表型性状的油梨种质资源遗传多样性分析. *园艺与种苗*, 2019, 39(3): 18-23
Zhou Z X, Chen Y, Ming J H, Gao H M, Ma W H, Lin X E. Genetic diversity analysis of avocado germplasm resources based on phenotypic traits. *Horticulture and Seed*, 2019, 39(3): 18-23
- [9] 那艳斌, 孙会杰, 高德学. 辽宁芝麻种质资源形态多样性分析. *辽宁农业科学*, 2018(5): 1-7
Na Y B, Sun H J, Gao D X. Analysis on the diversity of main agronomic characters of sesame germplasm resources in Liaoning Province. *Liaoning Agriculture Sciences*, 2018(5): 1-7
- [10] 韩俊梅, 任果香, 文飞, 吕伟, 王若鹏, 刘文萍. 山西芝麻种质资源农艺性状的相关分析及聚类分析. *山西农业科学*, 2017, 45(12): 1912-1916
Han J M, Ren G X, Wen F, Lv W, Wang R P, Liu W P. Correlation analysis and cluster analysis of agronomic traits of sesame in Shanxi. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2017, 45(12): 1912-1916
- [11] 俞信英, 沈晓岚, 李鲁峰, 王炜勇, 俞少华, 郁永明. 浙江省沿海地区芝麻地方品种的表型遗传多样性. *浙江农业科学*, 2015, 56(5): 748-751
Yu X Y, Shen X L, Li L F, Wang W Y, Yu S H, Yu Y M. Phenotypic genetic diversity of sesame landraces in coastal areas of Zhejiang. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2015, 56(5): 748-751
- [12] 魏忠芬, 杨胜先, 李慧琳. 贵州芝麻种质资源调查、收集及鉴定评价. *种子*, 2017, 36(7): 63-67
Wei Z F, Yang S X, Li H L. Investigation and collection and identification on *Sesamum indicum* L. germplasm Resources in Guizhou. *Seed*, 2017, 36(7): 63-67
- [13] 魏利斌, 苗红梅, 李春, 段迎辉, 徐芳芳, 张海洋. 芝麻 SNP 和 InDel 标记遗传多样性、群体结构及连锁不平衡分析. *分子植物育种*, 2017, 15(8): 3070-3079
Wei L B, Miao H M, Li C, Duan Y H, Xu F F, Zhang H Y. Genetic diversity population structure and linkage disequilibrium analysis of sesame using SNP and InDel markers. *Molecular Plant Breeding*, 2017, 15(8): 3070-3079
- [14] 张秀荣, 冯祥运. 芝麻种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社, 2006: 9-71
Zhang X R, Feng X Y. Sesame germplasm resource description specification and data standard. Beijing: China Agricultural Press, 2006: 9-71
- [15] Keylock C J. Simpson diversity and the Shannon-Wiener index as special cases of a generalized entropy. *Oikos*, 2005, 109(1): 203-207
- [16] 孔凡洲, 于仁成, 徐子钧, 周名江. 应用 Excel 软件计算生物多样性指数. *海洋科学*, 2012, 36(4): 57-62
Kong F Z, Yu R C, Xu Z J, Zhou M J. Application of Excel software to calculate biodiversity index. *Marine Science*, 2012, 36(4): 57-62
- [17] Jain A, Bhatia S, Banga S S, Prakash S, Lakshmikumaran M. Potential use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) technique to study the genetic diversity in Indian mustard (*Brassica juncea*) and its relationship to heterosis. *Theoretical and Applied Genetics*, 1994, 88: 116-221
- [18] 陈艳丽, 田承华, 田怀东. 国内外高粱种质资源形态性状与农艺性状的多样性分析. *山西农业科学*, 2015, 43(4): 378-382
Chen Y L, Tian C H, Tian H D. Diversity analysis of morphological traits and agronomic traits of sorghum germplasm resources at home and abroad. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2015, 43(4): 378-382
- [19] 杜海平. 农作物品种最佳聚类方法研究. *山西农业科学*. 2016, 44(7): 918-924
Du H P. Research on the best clustering method for crop varieties. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2016, 44(7): 918-924
- [20] Bisht I S, Mahajan R K, Loknathan T R. Diversity in Indian sesame collection and stratification of germplasm accessions in different diversity groups. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1998, 45: 325-335
- [21] 张鹏, 张海洋, 郑永战, 郭旺珍, 魏利斌, 张天真. 芝麻种质资源因子分析及聚类分析. *中国油料作物学报*, 2008, 30(1): 71-78
Zhang P, Zhang H Y, Zheng Y Z, Guo W Z, Wei L B, Zhang T Z. Factor and cluster analysis of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm resources. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2008, 30(1): 71-78